新工科建设背景下智能建造专业培养方案的制定

——基于20所院校数据的分析

张 泳 付 君

（华侨大学土木工程学院 福建 厦门 362021）

摘要：收集了20所院校智能建造人才培养方案，在人才培养目标、毕业总学分与修业年限要求、主干学科、学科基础课及专业课、实践环节等几个方面进行了深入的分析。在人才培养目标方面各校看法相对较为一致。毕业总学分与修业年限要求能较为充分体现各校的特色。对主干学科的认识存在一定的差异。学科基础课、专业课及实践环节的设置形成了较为明确的课程设置模式，但是，各校之间的课程设置还是存在较大的差异，从长远角度来看，需要进一步凝练，以形成较为明确、清晰、系统的智能建造人才专业能力培养体系。

关键词：智能建造专业；人才培养方案；课程体系优化

1、引言

为了适应社会经济快速发展对新型工科专业人才需要的增长，教育部启动了“新工科”建设工作，要求在对传统工科专业进行改革创新的同时，主动设置和发展了一批新型工科专业。新工科建设以新经济、新产业为背景，需要树立创新型、综合化、全周期工程教育“新理念”，构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”，探索实施工程教育人才培养的“新模式”，打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”，建立完善中国特色工程教育的“新体系”，实现我国从工程教育大国走向工程教育强国[1]。

随着5G通讯、人工智能、物联网等信息技术的快速应用和普及，传统的建筑业正在处于产业升级的重要时期，逐渐向“智能化”和“信息化”转型[2]。在这一过程中，智能建造将成为建筑业高质量发展的新动能和信息化智能化建设的落脚点[3]。所谓智能建造，是新一代信息技术与工程建造融合形成的工程建造创新模式：即利用以“三化”（数字化、网络化和智能化）和“三算”（算据、算力、算法）为特征的新一代信息技术，在实现工程建造要素资源数字化的基础上，通过规范化建模、网络化交互、可视化认知、高性能计算以及智能化决策支持，实现数字链驱动下的工程立项策划、规划设计、施（加）工生产、运维服务一体化集成与高效率协同，不断拓展工程建造价值链、改造产业结构形态，向用户交付以人为本、绿色可持续的智能化工程产品与服务。智能建造不仅仅是工程建造技术的变革创新，更将从产品形态、建造方式、经营理念、市场形态以及行业管理等方面重塑建筑业[4]。

新的产业发展方向对人才培养提出了新的要求，为了满足社会对智能建造人才的需求，在如火如荼的“新工科”建设大背景下，2017年，同济大学获批开设国内首个智能建造专业。其后，智能建造专业的发展进入快车道，截至2023年9月，全国共有99所高校获批智能建造专业。

有别于传统的土建类专业人才，智能建造人才对知识结构、知识体系和专业能力等各方面提出新了的要求。作为智能建造专业人才应该具有“T”形知识结构、突出工程建造能力和较强的社会工程意识[5]。作为一个新专业，智能建造人才培养还处于探索当中，许多高校进行了有益的尝试和探索。

本文以智能建造人才培养方案为对象，通过收集国内部分开设智能建造专业高校的人才培养方案并进行分析和研究，发现其中的规律，力图为相关学校人才培养方案的制订提供依据。

2、研究对象和方法

**2.1 研究数据来源**

为了深入分析智能建造专业人才培养方案制订的情况，通过互联网公开渠道收集了20所高校智能建造专业人才培养方案，来源为各校教务部门或相关开设专业院系所公开挂网的资料。

20所院校中，“双一流”建设高校7所。在一般本科院校中，包括5所民办地方院校。为了便于对比分析，将20所院校按照1到20进行编号，学校的基本情况如表1所示。

表1 研究对象基本情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 学校代码 | 学校性质 | 是否双一流 | 学校代码 | 学校性质 | 是否双一流 |
| 01 | 教育部直属 | 是 | 11 | 公办地方院校 | 否 |
| 02 | 教育部直属 | 是 | 12 | 公办地方院校 | 否 |
| 03 | 教育部直属 | 是 | 13 | 公办地方院校 | 否 |
| 04 | 教育部直属 | 是 | 14 | 公办地方院校 | 否 |
| 05 | 教育部直属 | 是 | 15 | 公办地方院校 | 否 |
| 06 | 公办地方院校 | 是 | 16 | 民办地方院校 | 否 |
| 07 | 公办地方院校 | 是 | 17 | 民办地方院校 | 否 |
| 08 | 公办地方院校 | 否 | 18 | 民办地方院校 | 否 |
| 09 | 公办地方院校 | 否 | 19 | 民办地方院校 | 否 |
| 10 | 公办地方院校 | 否 | 20 | 民办地方院校 | 否 |

**2.2 研究方法**

本研究实施的过程中，主要采用了文献资料法、专家访谈法及对比分析法。

（1）文献资料法。通过对于智能建造及智能建造专业的相关文献进行检索、搜集、学习、分析，掌握已有研究的基本情况及相关的理论基础，为后续的研究工作奠定基础。同时，通过人才招聘网站，收集社会对智能建造人才的招聘要求。 （2）专家访谈法。通过走访业内的专家、学者，掌握社会对智能建造人才的需求情况。通过与相关院校的专业负责人、专业教师进行沟通，了解各个学校智能建造专业人才培养方案的编制、执行及相关课程的情况。

（3）对比分析法。通过对所收集的资料的综合对比分析，特别是对目标院校智能建造专业人才培养方案的横向对比分析，找出其间存在的共性、差异和趋势，为后续的分析结论的形成奠定基础。

3、培养方案和课程体系分析

**3.1 人才培养目标**

人才培养目标是有关人才培养活动的目标，是学校通过对自身发展情况的认知以及对外界环境变化的了解，确定了内在能力水平与外在社会需求，在理性分析与思考的基础上，结合自己的使命与愿景，而设计出的一种有关学生成长的合理性且理想化的未来图景[6]。通过对比分析可以发现，研究对象的人才培养目标存在一定的差异。其中，五所学校提出培养领军人才（编号01、02、03、04、07）；五所学校提出培养复合型人才（编号05、08、09、12、16）；七所学校定位为培养应用型人才（编号10、11、14、15、17、19、20）；另外三所学校分别定位为培养工程师人才（编号06）、智能建造工程师（编号13）和技能型人才（编号18）。通过对比各个学校的定位层次，可以发现相关的人才培养目标基本符合相关学校的定位。

从培养人才类型的角度来看，13所学校（编号01、03、05、06、08、10、12、13、14、16、17、19、20）的较为相似，均为“胜任一般土木工程项目的智能设计、智能施工、智能运维、智能管理等工作”，部分学校还添加了智能化产品生产和智能防灾等内容。其他学校的内容则存在较大的差异，其中5所学校包括如“胜任城市轨道交通土建工程领域内的智能建造相关工作”、“从事工程数字化建模与仿真、智能建造、装配式施工、5D 项目管理等工作”等。还有两所学校没有在培养目标中明确培养人才的类型。

**3.2 毕业总学分与修业年限要求**

研究对象各校修业年限规定较为一致，均为4年，学习年限基本在4-6年。学分的要求差别较大，如图1所示。其中，学分要求最少的为158.8（编号03），学分要求最高的为208（编号18）。对比两校的教学计划，可以发现差别主要体现在实践性教学环节部分，编号02学校的实践性环节为32学分，而编号18学校的实践性环节为62学分，存在着比较大的差别。

图1 各校总学分情况表

**3.3 主干学科对比分析**

主干学科是由培养目标所决定，是某一专业学生获得能力结构所必须具备的专业理论与技能体系。高等院校在安排某一专业的课程体系时，必须明确本专业的主干学科，以利于合理安排课程内容和配置充足优质的师资力量，以提高教学效率。

综合分析对象的高校情况，有10所学校列出了主干学科，基本情况如表2所示。

表2 主干学科情况表

|  |  |
| --- | --- |
| 学校编号 | 人才培养方案列明的主干学科 |
| 01 | 土木工程、机械工程 |
| 03 | 人工智能、土木工程 |
| 04 | 土木工程、交通运输工程、信息科学、机械工程、电气工程 |
| 06 | 土木工程、机械工程、电子与信息工程 |
| 07 | 土木工程、机械工程、电子信息工程、计算机技术、工程管理 |
| 12 | 土木工程、管理科学与工程、机械工程（控制） |
| 14 | 力学、土木工程、机械工程、电子信息科学与工程、控制科学与工程、管理工程等 |
| 15 | 土木工程、控制技术与工程、计算机技术 |
| 17 | 土木工程 |
| 20 | 智能建造工程 、管理科学与工程 |

从各校所明确的主干学科可以看出，基本以土木工程专业为基础，融合计算机应用技术、机械工程、电子信息工程、工程管理等专业发展而成，能够充分体现智能建造专业的“新工科”特点，实现学科的融合发展，适应社会的需求。值得注意的是，相关院校之间对主干学科的认知并不是完全相同，还是存在着一定的差异，需要进一步明确主干学科的情况，否则，从长远来讲并不利于本专业的可持续发展。

**3.4 课程设置**

课程设置是整个培养方案的核心。考虑到智能建造专业的具体情况，在进行课程设置分析时，除了对比分析20所研究对象本专业的课程设置情况外，还对照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，对各院校的课程开设情况进行了深入的分析。

**3.4.1 课程设置总体情况**

由于各个学校在课程设置上存在一定差异，为了对比分析的有效性，按课程性质的不同，将课程分为必修课、选修课及实践性教学环节三个部分。其中，必修课程含公共平台课、学科基础平台课和专业课；选修课含专业选修课和公共选修课；实践性教学环节包括专业实习、毕业见（实）习、毕业论文以及专项学分等[7]。各个学校不同类型课程学分间的比例关系如图2所示。

从数据对比的情况来看，各校课程的设置总体情况基本相似，但在各个部分的构成比例还是存在着较大的差异，这一方面说明相关学校智能建造人才培养方案的设计思路存在一定的差异，同时也能充分体现各校自身的特色。

图2 课程类型占比分析

**3.4.2 学科基础及专业课设置**

如前所述，由于智能建造专业与土木工程专业存在着密切的关联关系，为了分析各校在智能建造专业学科基础及专业课程中课程的情况，对照《高等学校土木工程专业本科指导性专业规范》中所规定的土木工程专业核心知识推荐课程，与各校的人才培养方案进行对比分析，共汇总得到规范推荐课程之外的新设课程47门。其中，开设学校超过2的课程有21门，基本情况如表3所示。

表3 学科基础及专业课情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 课程名称 | 开设学校  数量 | 序号 | 课程名称 | 开设学校  数量 |
| 1 | BIM技术与应用 | 20 | 12 | 大数据基础及应用 | 6 |
| 2 | 传感器与物联网原理及应用 | 12 | 13 | 数字信号处理 | 4 |
| 3 | 智能建造导论 | 10 | 14 | 建筑机械 | 4 |
| 4 | 智能机械与机器人 | 10 | 15 | 软件工程 | 3 |
| 5 | Python程序设计 | 10 | 16 | 机器人工程 | 3 |
| 6 | 运筹学 | 9 | 17 | 管理学原理 | 3 |
| 7 | 自动控制原理 | 8 | 18 | 工程结构全寿命维护 | 3 |
| 8 | 数据库原理与应用 | 8 | 19 | 电子电路 | 3 |
| 9 | 机械设计原理 | 8 | 21 | 系统工程 | 2 |
| 10 | 数据结构 | 6 |  | 工程热力学与传热学 | 2 |
| 11 | 人工智能 | 6 |  |  |  |

这里需要特别说明的是：

（1）由于各校所开设课程的名称存在一定差异。为了便于分析问题，通过进行了大量的专家访谈，收集专家对专业发展及相关课程的看法，并通过进一步的整理、分析，在实际进行统计工作时对相关课程名称进行了调整，即将相似但叫法存在差异的课程名称进行了统一命名，其典型如“BIM技术原理及应用”“BIM基础及应用”“BIM建模及应用”等各种不同的叫法，统一调整为了“BIM技术及应用”。

（2）表3中的 “Python程序设计”课程是将相关学校明确写明课程名称与Python相关，且列入了学科基础课程或专业课中的课程纳入统计范围，只开设“高级程序设计”之类通识教育课程的，未列入统计。值得注意的是，开设“Python程序设计”学校多数还开设了如“高级程序设计”之类的通识教育课程。

通过分析相关课程的设置情况，可以认为各校的课程设置较为分散，没有形成一个清晰、明确的体系。课程的开设方式包含以下几种情况：

（1）新设的专业综合性课程。较为典型的是“智能建造导论”，有10所院校开设，值得注意的是，此类课程的数量相对较少。

（2）引入其他专业的课程。此类课程占有较大的比重，通过表3可以发现其中多数课程均属于此类型。相关课程分别来自作为除土木工程之外的本专其他业主干学科或土木工程领域新的发展。其中开设较多的课程涉及BIM技术、物联网、机器人、大数据等领域。

（3）原有课程的改造升级。此类课程也占有一定的比重，较为典型的如智能测绘、土木工程智能化施工、智能化结构设计等。这些课程在土木工程专业规范中均作为专业知识体系的主要课程有所体现，但各校根据智能建造专业的情况进行了调整和充实，使其更符合本专业的要求。

**3.4.3 实践环节**

实践环节在智能建造人才培养的过程中起着重要的作用。分析20所院校人才培养方案中的实践环节设置，发现存在着比较大的差异，特别是一些新设置的实践课程，难以判断课程内容并归并。综合相关数据，并对照分析《高等学校土木工程专业本科指导性专业规范》中对实践环节的规定，可以认为目前智能建造专业实践环节的设置主要是以下四种情况。

（1）综合性智能建造类新设置实践环节。此类实践课程的数量较多，且存在着比较大的差异，其中主要包括智能建造导论与认识实习、智能建造工作坊、智能建造全过程课程设计、智能建造实验、智能建造综合实训、学科交叉创新训练、智能设备体验等。

（2）智能建造领域某方面实践环节。这一部分也是实践环节设置的一个重要方面，主要包括BIM课程设计、装配式设计与施工、传感器与检测监测技术实习、地理信息系统课程设计、建造机器人实验、3D构件打印等。其中，BIM课程设计、装配式设计与施工是开设院校较多的课程，特别是BIM课程设计，各校基本都有开设，甚至有的学校将其拆分为多个不同的环节进行。

（3）其他相关专业教学内容的实践环节。此类课程数量相对较少，主要有虚拟仪器设计课程设计、电路设计等。

（4）原有土木工程专业实践环节的升级。这一部分也是实践环节设置的一个重要部分，开设较多的课程包括智能测绘实习、智能施工组织设计、智能桥梁设计、智能混凝土结构设计等。

4 结论与展望

通过结合相关的专业规范对20所院校智能建造专业人才培养方案的分析，可以得到以下的几点结论：

（1）各院校形成了较为明确、一致的人才培养目标。智能建造培养的人才主要面向的 “土木工程项目的智能设计、智能施工、智能运维、智能管理、智能产品生产及智能防灾等”领域，具体的人才培养目标各校均根据实际情况有清晰准确的定位。在毕业总学分与修业年限要求方面也能充分体现各校的特点。

（2）对智能建造专业的主干学科体系的形成了较为一致看法，以土木工程为核心，通过与其他学科进行交叉融合，培养社会需要的智能建造人才。但是，在需要与哪些学科进行融合上存在着一定的差异。

（3）在课程的设置上，各校人才培养方案的学科基础课、专业课及实践环节的设置上存在着较大的差异，专业的核心模式正在逐步形成中，但是需要进一步凝练，以形成较为明确、清晰、系统的人才专业能力培养体系。在课程开设方面，比较通行的做法包括设置专门针对智能建造专业的课程及实践环节；根据智能建造的技术特征，引入其他相关专业的课程及实践环节；通过融入智能建造技术，对原有的土木工程专业课程及实践环节进行提升改造。

本文的研究依据的是20所院校的智能建造人才培养方案，虽具有一定的代表性，但覆盖面还是有待进一步提升。同时，伴随着社会经济的迅速发展，智能建造领域在不断的发生变化，因此，对人才的需要也会进一步提高。需要对这一变化持续关注，不断的进行动态调整、优化，以满足社会对智能建造人才需求。

参考文献

【1】“新工科”建设复旦共识[J].高等工程教育研究,2017,(01):

【2】李政道,张丽梅,赖旭露等.新工科背景下高校BIM技术课程建设的实践与思考[J].工程经济,2021,31(01):

【3】张恒,郑兵云,唐根丽等.面向智能建造的工程管理专业BIM实践教学[J].高等工程教育研究,2021,(03):

【4】智能建造推动建筑产业变革[J].低温建筑技术,2019,41(06):

【5】丁烈云.智能建造创新型工程科技人才培养的思考[J].高等工程教育研究,2019,(05):

【6】王严淞.论我国一流大学本科人才培养目标[J].中国高教研究,2016,(08):

【7】钱乐祥,杨现坤.地理科学专业人才培养方案与课程体系比较研究[J].高等理科教育,2020,(06):

基金项目：华侨大学“新工科”示范课堂建设项目（无编号）

[作者简介]张泳（1973-），男，河北南宫人，硕士，华侨大学土木工程学院副教授，主要从事智能建造、工程管理领域教学与科研工作。

The Development of Intelligent Construction Major Talent Training Programs Under the Background of Emerging Engineering Education

--Analysis Based on Data from 20 Institutions

ZHANG Yan FU Jun

( College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen, Fujian 362021)

**Abstract:** The training programs of intelligent construction in 20 institutions were collected and analyzed in depth in terms of talent cultivation objectives, total credits and years of study requirements, major disciplines, basic and specialized courses, and practical sessions. In terms of talent cultivation objectives, each school has relatively consistent views. The total credits and years of study required for graduation can fully reflect the characteristics of each school. There are some differences in the understanding of the main disciplines. In the setting of basic courses, specialized courses and practical links, a clearer curriculum model has been formed, but there are still big differences in the curriculum between schools, and from a long-term perspective, further condensation is needed to form a clearer, clearer and more systematic system for training talents' professional abilities.

Keywords: intelligent construction profession; talent training program; curriculum system optimization